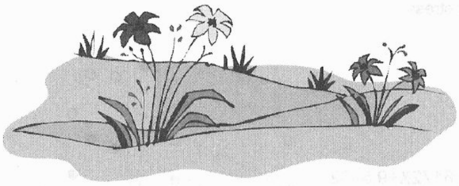
土壤缺水與農作物植體溫度之關係



◎農試所農藝系　楊純明　賴小麗

農作物植體的溫度，同時受到氣象與土壤等外在環境及本身生長狀態等內在因素的雙重影響。由於環境並非恆定，作物的體溫當然因時而異，又因不同生長期的生理生化代謝互異，體溫可能也起伏不一。傳統的植體溫度測定，多以熱電偶測針接觸體表或插入體內，單點或多點量測(屬於動態溫度）。如此方法固然可行，惟有耗時費力及有限取樣點等缺陷，限制了對整株植體甚或作物族群的測溫應用。熱紅外線輻射影像遙測技術符合了面溫偵測的需求, 能夠即時或記錄作物單株及族群的測溫 ，依照需要顯示點、線、面的溫度，並追蹤時間序列的變化，具有遠距離感測、非接觸式及迅速即時之特點。

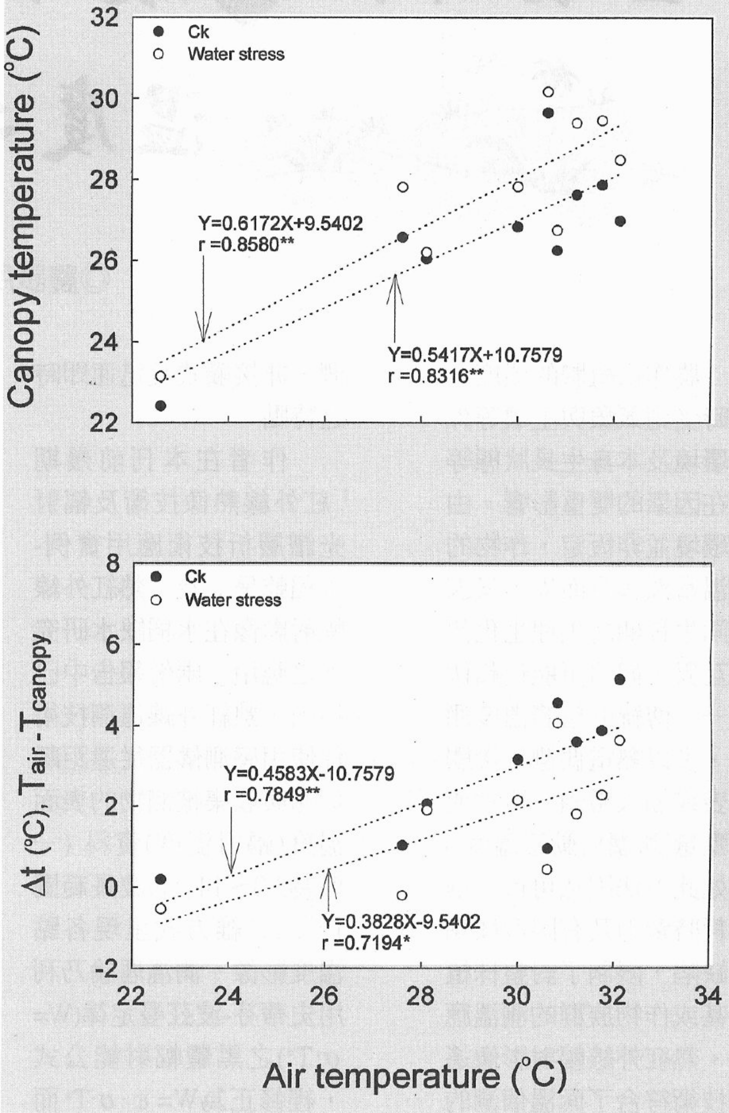
作者在本刊前幾期「紅外線熱像技術及輻射光譜層析技術應用實例-水稻乾旱」及「熱紅外線輻射影像在水稻缺水研究上之應用」兩份報告中已指出，熱紅外線遙測技術係使用感測儀器從遠距離偵測與收集被測物的表面溫度(輻射溫度)資料（一般為3.0～14μm波長範圍），以二維方式呈現各點溫度影像。測溫理論乃利用史蒂芬-波茲曼定律($W=\sigma \cdot T^4$)之黑體輻射能公式，經修正為$W=\varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$而延伸應用於灰體測溫，將熱感測(掃描)器量測的熱能W及已知該灰體的放射率ε、史蒂芬-波茲曼常數σ輸入公式，以估算出灰體輻射溫度T。由於大氣對此一波段的諸種干擾，在田間自然狀況輻射溫度測值常略低於動態溫度值。

在土壤不缺水狀況下，以氣溫、日照、濕度、及風速等為主要影響作物植體溫度的氣象因子，而由所偵測的單株或族群植冠溫度的變化代表這些因子的綜合效應。當土壤缺水狀況發生時, 土壤水分狀態(即土壤水分潛勢高低)亦將影響植體溫度。這些環境因子主要係透過對植體蒸散作用與蒸散速率的影響，使得體溫調節機制受到干擾，無法正常運作維持適當的體溫。缺水時由於水分供應不足，蒸散速率減緩，破壞植株平常進行的蒸散降溫程

序，使得體溫因此上升。

本文續以熱紅外線輻射影像對水稻族群植被溫度的偵測為例，說明土壤缺水對農作物植體溫度之影響。在正常灌水田區，水稻植被溫度多低於周遭氣溫，而氣溫的升高將遷引植被溫度的上升。如圖一所示，在氣溫23～24°C以上時，正常灌水區的稻株體溫均低於氣溫；當土壤缺水情況發生後，植被溫度升高，且隨著氣溫上升的幅度而有增加趨勢(見回歸曲線)。顯然的，稻株植體具有蒸散降溫功能，其降溫程度隨氣溫的升高而增加。若土壤水分不足蒸散作用的正常運轉，將使得降溫效率衰降，以圖一的例子約在氣溫25°C以下時, 植被溫度將高於氣溫；換言之，此時植體的蒸散降溫功能已無法維持低於氣溫的體溫，處於"發燒"狀態。

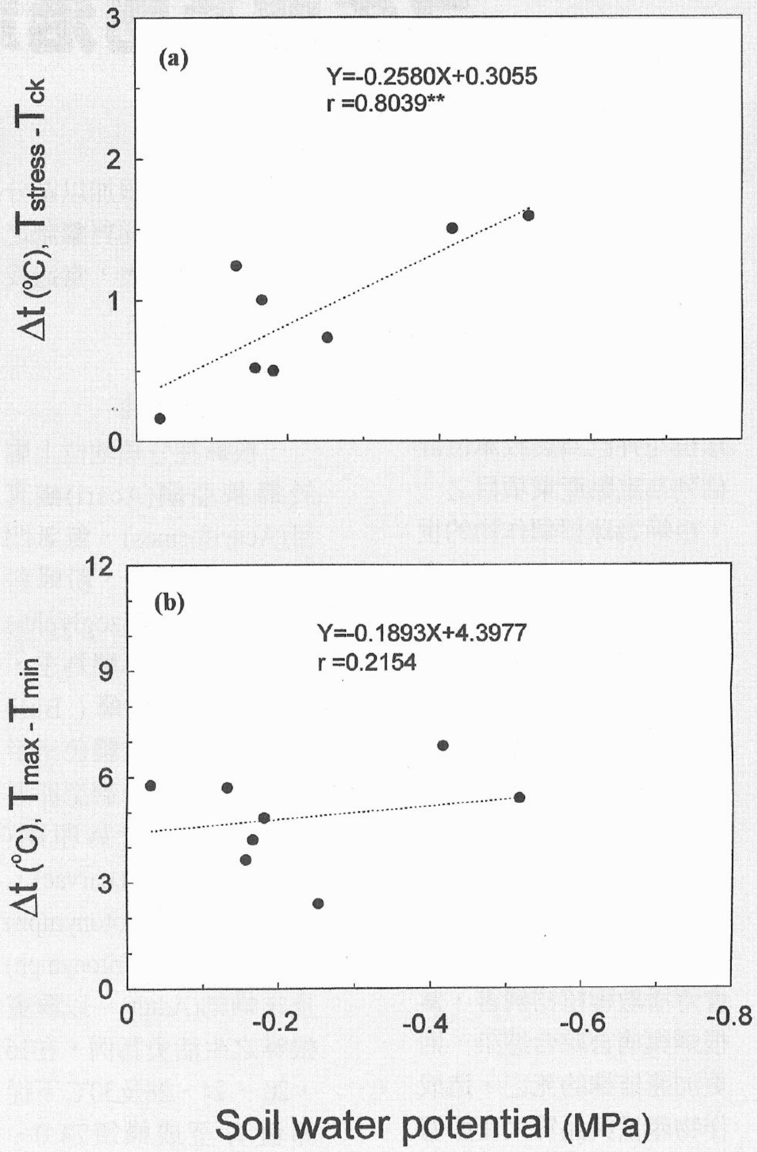
再由圖二(a)資料, 顯示缺水造成的升溫在-0.6 MPa以內與土壤缺水程度呈現直線正相關。所以，當土壤缺水愈嚴重，缺水植株的溫度將愈高於正常灌水植株。但是，在熱紅



圖一　正常灌水及土壤缺水狀況下氣溫與水稻（台農67號）族群植被溫度之關係

外線輻射影像視窗內的植被溫度最高值及最低值可能並無明顯變化(圖二(b))，即水稻植被的最高值及最低值變化可能不因土壤缺水而呈現顯著差異，需再視氣象環境而定。因此，以熱紅外線輻射影像偵測農作物植被溫度的改變確實可行，並能利用於土壤缺水狀況下的測溫。

由以上簡單試驗併前文等結果，顯示若累積足夠試驗資料，將可逕由氣溫高低粗估某作物品種植被溫度及植被溫度與氣溫差值，或反向以植被測溫推估。而由缺水區與正常灌水區植被溫度的差值，可據以估測土壤缺水程度，作為灌溉與否及灌溉量的實施參考。當然，欲達到可資實用的水準之前，必須具備完整而深入的試驗資料，包括作物品種、生長時期、土壤類別、缺水程度、及作物的生育反應等等差別性結果。無論如何，吾人可由『土壤缺水與農作物植體溫度之關係』加以應用，一方面解釋水分對農作物植體溫度的影響，再方面利用於田間栽培農作物的水分管理。



圖二　不等土壤缺水程度下水稻（台農67號）族群植被度(a)缺水者與正常灌水者之差異（上圖）及(b)最高溫與最低溫之溫差